

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



RECEIVED	
24 NOV 2004	
WIPO	PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 44 169.7

**Anmeldetag:** 22. September 2003

**Anmelder/Inhaber:** Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80686 München/DE;  
Karl Storz GmbH & Co KG, 78532 Tuttlingen/DE.

**Bezeichnung:** Konfokales Endomikroskop

**IPC:** G 02 B 23/26

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Schmidt*

Schmidt O.  
BEST AVAILABLE COPY



## Konfokales Endomikroskop

### Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft ein konfokales Endomikroskop umfassend eine Lichtquelle, ein ein proximales und ein distales Ende aufweisendes Lichtleiterbündel und eine Mikrospiegel-Einheit zur Einkopplung des Lichts der Lichtquelle in das proximale Ende des Lichtleiterbündels.
- 10 Ein Endomikroskop der eingangs genannten Art ist zum Beispiel aus der Veröffentlichung „New Concept for the Development of a Confocal Endomicroscope“ von I. Krohne, et al., 36. Jahrestagung der DGBMT, 2002, Band 47, Seite 206 bis 208 bekannt. Die konfokale Mikroskopie basiert auf der Abbildung einer punktförmigen Lichtquelle durch eine geeignete Optik auf das Messobjekt. Bei einem Endomikroskop  
15 wird das Licht über einen Lichtleiter oder über eine Vielzahl von Lichtleitern eines Bündels auf das Messobjekt gegeben. Das Licht wird vom Objekt zurück durch den oder die Lichtleiter über einen Strahlteiler auf das Detektorelement reflektiert. Befindet sich das Messobjekt im Brennpunkt des distalen Endes des Lichtleiters, so wird das reflektierte Licht in seiner vollständigen Intensität auf den Detektor abgebildet. Dies ist  
20 nicht der Fall, wenn sich das Messobjekt außerhalb des Brennpunktes befindet. In diesem Fall hält eine Lochblende vor dem Detektorelement einen Teil des reflektierten Lichtes zurück. Die axiale Höheninformation ist daher in einer für die konfokale Mikroskopie typischen Intensitätsverteilung verschlüsselt. Bei der Verwendung eines Lichtleiterbündels kann das Messobjekt abgerastert werden, indem das Licht der  
25 Lichtquelle nacheinander in die proximalen Enden der einzelnen Lichtleiter des Bündels eingekoppelt wird. Dazu ist es notwendig, eine Zuordnung der Position der distalen Enden der einzelnen Lichtleiter zu ihren proximalen Enden zur Verfügung zu haben. Es ist auch möglich, unter Verwendung von Lichtpunktmustern mehrere Lichtpunkte gleichzeitig in unterschiedliche Lichtleitfasern einzukoppeln, um die Messzeit zu  
30 verkürzen. Für die gezielte Einkopplung des Lichts in die proximalen Enden der einzelnen Lichtleitfasern wird eine Mikrospiegel-Einheit verwendet, mit deren Hilfe die einzelnen Fasern für die Rasterung nacheinander beleuchtet werden.

Problematisch ist es, eine hohe Effizienz der Lichteinkopplung in die proximalen Enden der Lichtleitfasern zu erreichen. So muss weitestgehend sichergestellt werden, dass das für einen bestimmten Lichtleiter vorgesehene Licht nicht in benachbarte Lichtleiter eingekoppelt wird, da hierdurch ansonsten die Auflösung erheblich eingeschränkt würde. Lichtphotonen, die auf das Mantelmaterial der Lichtleiter oder in die Lücken zwischen den Lichtleitern gelangen, verringern ebenfalls die Effizienz, da sie zurückgestreut und dabei möglicherweise den Kontrast erniedrigen oder aber in benachbarte Lichtleiter eingestreut werden.

10 Es ist nun Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein konfokales Endomikroskop der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, bei dem die Effizienz der Lichteinstrahlung in die proximalen Enden der einzelnen Lichtleiter gegenüber dem Stand der Technik erheblich erhöht werden kann.

15 Diese Aufgabe wird mit einem Endomikroskop der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Durchmesser der Lichtleitfasern des Lichtleiterbündels am proximalen Ende größer ist als am distalen Ende.

20 Am distalen Ende des Lichtleiterbündels ist ein möglichst geringer Durchmesser der Lichtleitfasern gewünscht, um eine hohe Auflösung erreichen zu können. Der größere Durchmesser der Lichtleitfasern an ihrem proximalen Ende gewährleistet gleichzeitig die Möglichkeit, eine hinreichende Lichtintensität in die einzelnen Lichtleiter einkoppeln zu können. Störende Nebeneffekte, wie die Beleuchtung der Lichtleitermäntel oder der Lücken zwischen den Lichtleitern, können reduziert oder auch völlig vermieden werden.

25 Das erfindungsgemäße Endomikroskop kann auch so ausgebildet sein, dass sich die Lichtleitfasern vom proximalen zum distalen Ende im Wesentlichen konisch verjüngen. Hierdurch ist eine gleichmäßige, monotone Verjüngung gegeben, die die geringsten Störungen für die Lichtleitung erwarten lässt.

30 Des Weiteren kann es vorteilhaft sein, das erfindungsgemäße Endomikroskop so auszubilden, dass das Verhältnis der Durchmesser der Lichtleitfasern am proximalen Ende zu den Durchmessern der Lichtleitfasern am distalen Ende maximal 3 beträgt.

Das erfindungsgemäße Endomikroskop kann neben einem relativ kurzen Lichtleiterbündel mit sich zum distalen Ende hin verjüngenden Durchmesser der Lichtleitfasern ein weiteres, am proximalen Ende des ersten Lichtleiterbündels anschließendes Lichtleiterbündel mit konstantem Durchmesser aufweisen.

5

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Endomikroskop so ausgebildet sein, dass die Lichtleitfasern am proximalen Ende des Lichtleiterbündels in einem festen Raster angeordnet sind.

10

Das Festlegen der proximalen Lichtleitfaserenden in einem Raster ist eine wichtige Maßnahme, um die einzelnen Lichtleitfaserenden für die Lichteinkopplung gezielt und genau ansteuern zu können. Dabei ist es sinnvoll, das Raster so zu wählen, dass keine zwei Lichtleitfaserenden unmittelbar aneinander grenzen, um das Einkoppeln in mehrere Fasern gleichzeitig weitgehend vermeiden zu können. Hierfür wären die Lichtleitfasern an ihrem proximalen Ende zu vereinzeln.

15

Die Anordnung der Lichtleitfaserenden im Raster kann zum Beispiel hexagonal oder quadratisch sein. Gegenüber der quadratischen hat die hexagonale Anordnung den Vorteil einer höheren Packungsdichte im Faserbündel und somit einer besseren Auflösung. Darüber hinaus ist ein hexagonaler Aufbau besonders günstig hinsichtlich der Fertigung des Faserbündels.

20

Alternativ zu einem zweidimensionalen Raster wäre auch eine lineare Anordnung der Lichtleitfaserenden denkbar. Um eine zweidimensionale Bildinformation übertragen zu können, wären dann mehrere lineare Bündelungen aufeinander zu stapeln. Dies hat gegenüber dem zweidimensionalen Raster den Nachteil einer zusätzlichen Fehlerquelle auf Grund der Stapelung.

25

Um die Faserenden in ihrer Position zu fixieren, kann es sinnvoll sein, das Endomikroskop so auszubilden, dass zur Anordnung im Raster eine Faseraufnahme-Einheit mit Durchführungen zur Aufnahme der proximalen Faserenden vorgesehen ist.

30



Die Faseraufnahmeeinheit kann mikromechanisch gefertigt werden, was eine sehr hohe Positioniergenauigkeit der einzelnen Fasern relativ zueinander erlaubt. Mit dem Wissen über die exakten Positionen der einzelnen Fasern am proximalen Ende wird die Kalibrierung des Endomikroskops vereinfacht, so dass auch die Verwendung  
 5 inkohärenter Lichtleiterbündel möglich ist. Mit dem Einsatz inkohärenter Lichtleiterbündel lassen sich die Kosten des Gesamtsystems reduzieren. Für die mikromechanische Fertigung der Faseraufnahmeeinheit kommen zerspannende Verfahren oder auch z. B. Siliziumtechnologie in Betracht, um die gewünschte Positionsgenauigkeit zu erreichen.

10

Schließlich kann das erfindungsgemäße Endomikroskop so ausgebildet sein, dass in Strahlungsrichtung vor dem proximalen Ende des Lichtleiterbündels eine Mikrolinsen-Einheit derart angeordnet ist, dass durch die einzelnen Mikrolinsen das Licht auf das proximale Ende der beleuchteten Lichtleitfasern fokussiert ist. Auf diese Weise kann die  
 15 Einkopplungseffizienz weiter verbessert werden. Bei einer hexagonalen Anordnung kann bei gleicher Packungsdichte gegenüber einer quadratischen Anordnung ein größerer linearer Abstand der Mikrolinsen in der Mikrolinseneinheit gewählt werden, wodurch eine entsprechend bessere Adressierbarkeit und damit eine bessere Einkoppeleffizienz erreicht werden kann.

20

Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausbildungsform des erfindungsgemäßen Endomikroskops anhand von Figuren erläutert.

Es zeigt schematisch

25

Fig. 1: den Aufbau eines Endomikroskops im Einsatz,

Fig. 2: einen seitlichen Querschnitt durch eine einzelne Lichtleitfaser und

30

Fig. 3: ausschnittsweise das proximale Ende des Lichtleiterbündels.

Figur 1 zeigt schematisch und stark vereinfacht den Aufbau eines Endomikroskops zur Untersuchung eines Messobjekts 1. Das Licht einer Lichtquelle 2 wird über eine

Quelloptik 3 auf eine Mikrospiegeleinheit 4 gerichtet. Die Mikrospiegeleinheit 4 besteht aus hundertern von einzelnen Mikrospiegeln, die jeweils einzeln für Kippbewegungen steuerbar sind. Für die vereinfachte Darstellung sind in Figur 1 lediglich einige der Mikrospiegel 5 schematisch und stark vergrößert dargestellt. Über eine Spiegeloptik 6 und einen Strahlteiler 7 wird das Licht in das proximale Ende 8 eines Lichtleiterbündels 9 eingekoppelt. Eine vergrößerte Darstellung des proximalen Endes 8 des Lichtleiterbündels 9 ist ausschnittsweise in Figur 3 dargestellt. Demnach sind die einzelnen Lichtleiter 10 am proximalen Ende 8 vereinzelt und in einem Raster angeordnet. Zur Fixierung der Enden der Lichtleiter 10 am proximalen Ende 8 ist eine Faseraufnahme-Einheit 11 vorgesehen, die für die einzelnen Lichtleiter 10 Durchführungen 12 aufweist, die an die Durchmesser der Lichtleiter 10 am proximalen Ende 8 angepasst sind. Die Lichtleiter 10 können in der Faseraufnahme-Einheit 11 zum Beispiel in einem Hexagonalmuster oder in einem quadratischen Muster angeordnet sein. Vor dem proximalen Ende 8 der Lichtleiter 10 ist eine Mikrolinseneinheit 13 vorgesehen, so dass vor jedem proximalen Ende 8 eines jeden Lichtleiters 10 eine Mikrolinse 14 angeordnet ist.

Für die Einkopplung des Lichts in das proximale Ende 8 des Lichtleiterbündels 9 gibt es zwei unterschiedliche Vorgehensweisen: Zum einen kann ein einzelner Lichtstrahl nacheinander in die proximalen Enden 8 der einzelnen Lichtleiter 10 eingekoppelt werden. Zum anderen ist es möglich, gleichzeitig mehrere Lichtleiterenden mit jeweils einem Lichtstrahl zu beaufschlagen, um Messzeiten zu verringern.

Am distalen Ende 15 des Lichtleiterbündels 9 tritt das Licht aus und gelangt über eine Auskoppeloptik 16 auf das Messobjekt 1. Von der Oberfläche des Messobjekts 1 oder auch von Strukturen innerhalb des Messobjekts 1 werden die auftreffenden Lichtstrahlen zurück in das Lichtleiterbündel reflektiert. Dabei gelangt das reflektierte Licht im Wesentlichen in denselben Lichtleiter 10, aus dem es zuvor ausgetreten ist. Das reflektierte Licht gelangt über das Lichtleiterbündel 9, die Mikrolinseneinheit 13, den Strahlteiler 7 und über eine Detektoroptik 17 auf eine Detektoreinheit 18, zum Beispiel eine CCD-Kamera. Jedes Bildelement der Detektoreinheit 18 kann einem proximalen Ende eines bestimmten Lichtleiters 10 zugeordnet werden. Wird ein kohärentes Lichtleiterbündel 9 verwendet, ergibt sich hieraus ohne weiteres auch die

Zuordnung jedes Bildelements zu einem distalen Lichtleitfaserende. Bei Verwendung eines inkohärenten Lichtleiterbündels 9 ist zunächst dessen Kalibrierung durchzuführen. Dies geschieht beispielsweise durch die Einkopplung vorgegebener Hell-/Dunkelmuster in das proximale Ende 8 und Auswertung der am distalen Ende 15 festgestellten Hell-/Dunkelverteilung.

Auf Grund der Anordnung der Lichtleiter 10 an ihrem proximalen Ende 8 in einem vorgegebenen Raster sowie auf Grund der Verwendung der Mikrolinsen – Einheit 13 ist bereits eine effiziente Einkopplung des Lichts in die einzelnen Lichtleiter 10 möglich. Diese Effizienz wird ohne Reduktion der Auflösung des Endomikroskops noch weiter dadurch erhöht, dass die Durchmesser der Lichtleiterenden 10 an ihrem proximalen Ende 8 z. B. um etwa den Faktor 2,5 größer sind als an ihrem distalen Ende 15.

Figur 2 zeigt im Querschnitt in verkürzter Form eine Lichtleitfaser 10, deren Durchmesser sich vom proximalen Ende 8 zum distalen Ende 15 hin monoton konisch verringert. Der Verlauf eines eingekoppelten Lichtstrahls 19 beim Eintritt, innerhalb eines Lichtleiterkerns 20 und bei seinem Austritt am distalen Ende 15 ist dargestellt. Der Lichtstrahl 19 wird innerhalb des Lichtleiters 10 am Lichtleitermantel 21 reflektiert.

# Bezugszeichenliste

	1	Messobjekt
	2	Lichtquelle
5	3	Quelloptik
	4	Mikrospiegel-Einheit
	5	Mikrospiegel
	6	Spiegeloptik
	7	Strahlteiler
10	8	proximales Ende
	9	Lichtleiterbündel
	10	Lichtleiter
	11	Faseraufnahme-Einheit
	12	Durchführungen
15	13	Mikrolinsen-Einheit
	14	Mikrolinsen
	15	distales Ende
	16	Auskopplung
	17	Detektoroptik
20	18	Detektoreinheit
	19	Lichtstrahl
	20	Lichtleiterkern
	21	Lichtleitermantel



Patentanwälte König & Kollegen  
Kackertstraße 10, 52072 Aachen

- 5 Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80636  
München, DE  
Karl Storz GmbH & Co. KG, 78532 Tuttlingen, DE

10

**Patentanmeldung**

15 **Konfokales Endomikroskop**

**Patentansprüche**

- 20 1. Konfokales Endomikroskop umfassend eine Lichtquelle (2), ein ein  
proximales (8) und ein distales Ende (15) aufweisendes Lichtleiterbündel (9) und eine  
Mikrospiegel-Einheit (4) zur Einkopplung des Lichts der Lichtquelle (2) in das proximale  
Ende (8) des Lichtleiterbündels (9),  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass der Durchmesser der Lichtleitfasern (10) des Lichtleiterbündels (9) am proximalen  
Ende (8) größer ist als am distalen Ende (15).
2. Endomikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die  
Lichtleitfasern (10) vom proximalen (8) zum distalen Ende (15) im Wesentlichen konisch  
30 verjüngen.

3. Endomikroskop nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Durchmesser der Lichtleitfasern (10) am proximalen Ende (8) zu den Durchmessern der Lichtleitfasern (10) am distalen Ende (15) maximal 3 beträgt.

5 4. Endomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleitfasern (10) am proximalen Ende (8) des Lichtleiterbündels (9) in einem festen Raster angeordnet sind.

10 5. Endomikroskop nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Anordnung im Raster eine Faseraufnahme-Einheit (11) mit Durchführungen zur Aufnahme der proximalen Faserenden vorgesehen ist.

15 6. Endomikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Strahlungsrichtung vor dem proximalen Ende (8) des Lichtleiterbündels (9) eine Mikrolinsen-Einheit (13) derart angeordnet ist, dass durch die einzelnen Mikrolinsen (14) das Licht auf das proximale Ende (8) der beleuchteten Lichtleitfasern (10) fokussiert ist.

## Zusammenfassung

Es wird ein konfokales Endomikroskop vorgestellt, bei dem der Durchmesser von Lichtleitfasern am proximalen Ende (8) eines Lichtleiterbündels (9) größer ist als am distalen Ende (15). Hierdurch wird die Effizienz der Einkopplung von Licht einer Lichtquelle erhöht, ohne hierdurch die Auflösung des Endomikroskops zu verringern. Des Weiteren wird vorgeschlagen, die Lichtleiter (10) an ihrem proximalen Ende (8) in einem Raster, zum Beispiel mittels einer die einzelnen Lichtleiter (10) aufnehmenden Faseraufnahme-Einheit (11), anzuordnen. Des Weiteren kann eine Mikrolinsen-Einheit (13) vorgesehen sein, durch die jedem Lichtleiterende eine Mikrolinse (14) zugeordnet ist.

(Figur 3)

15

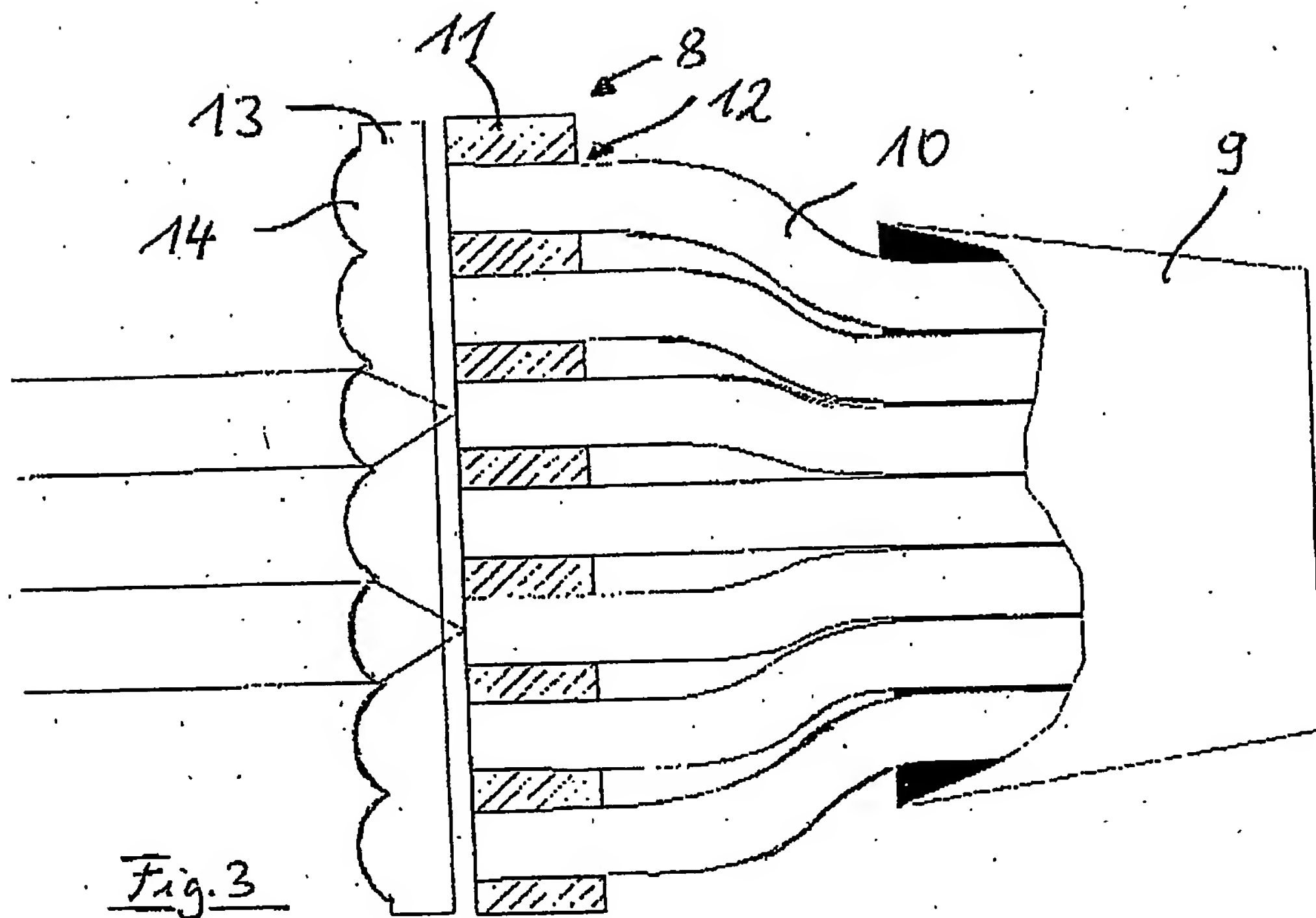
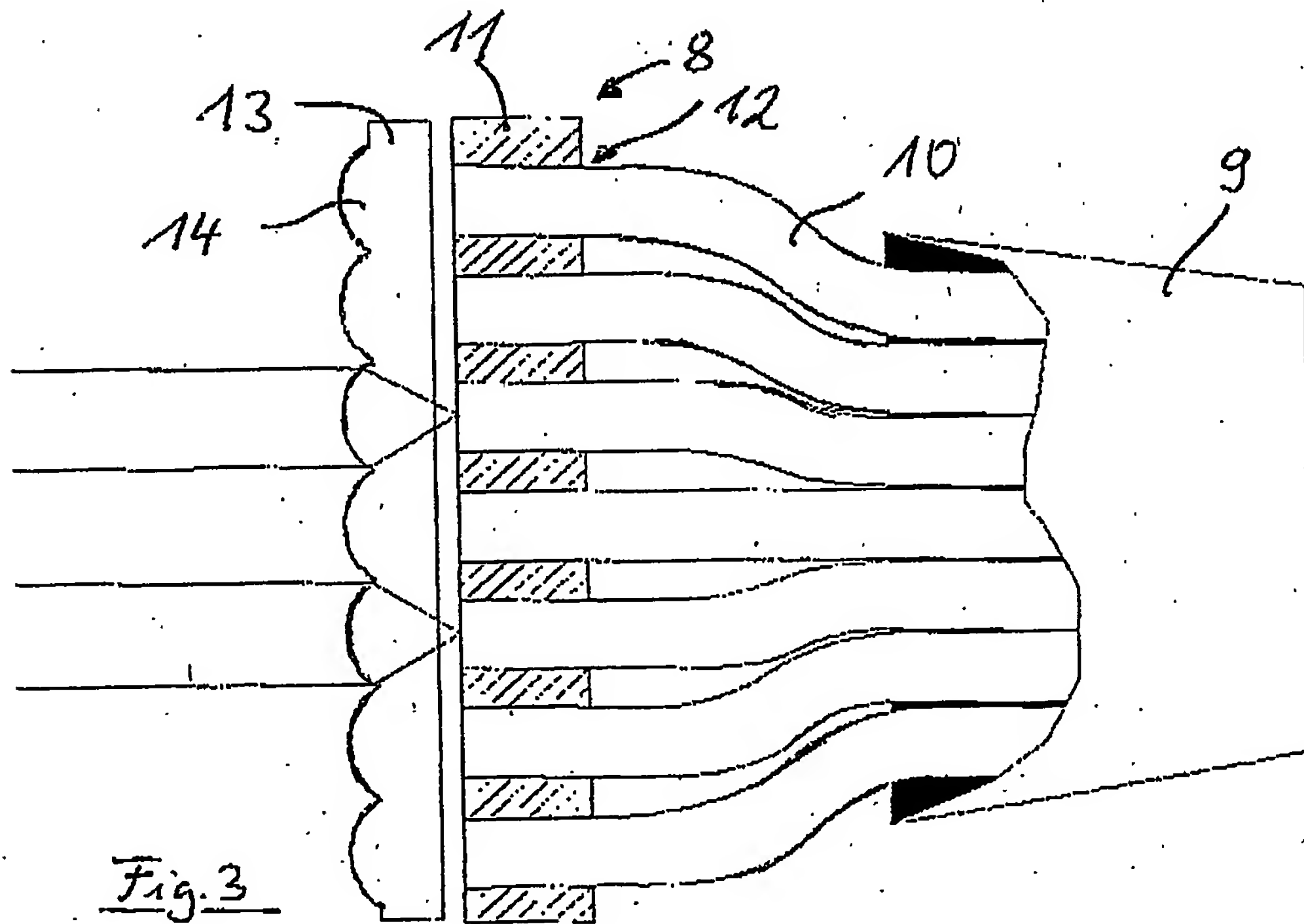
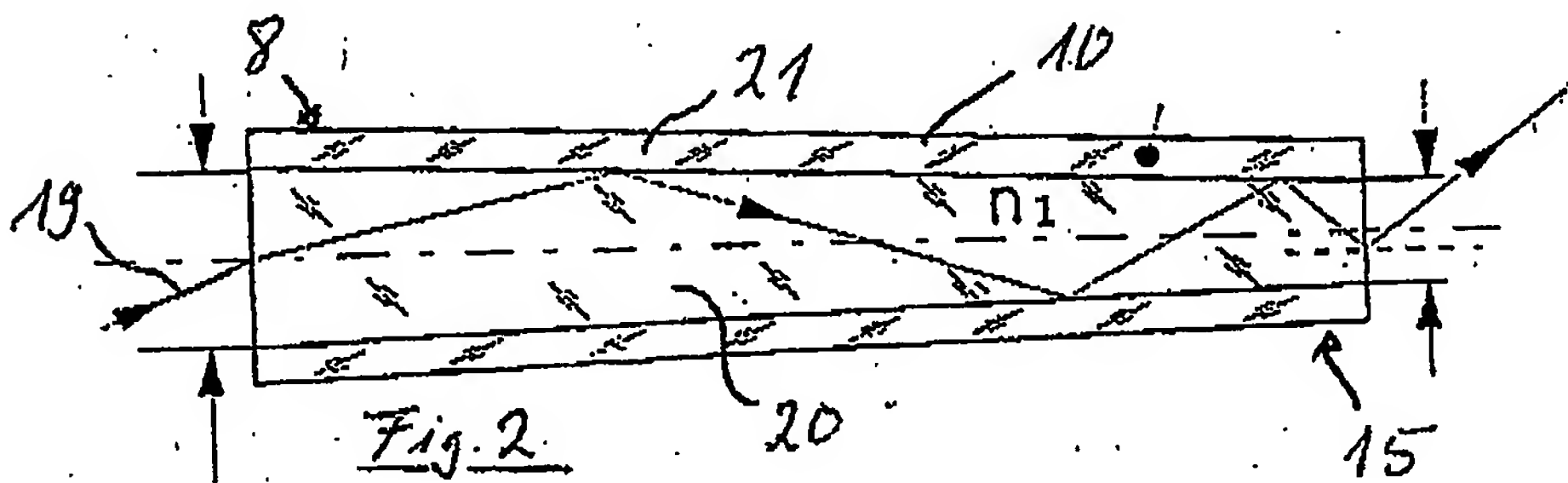
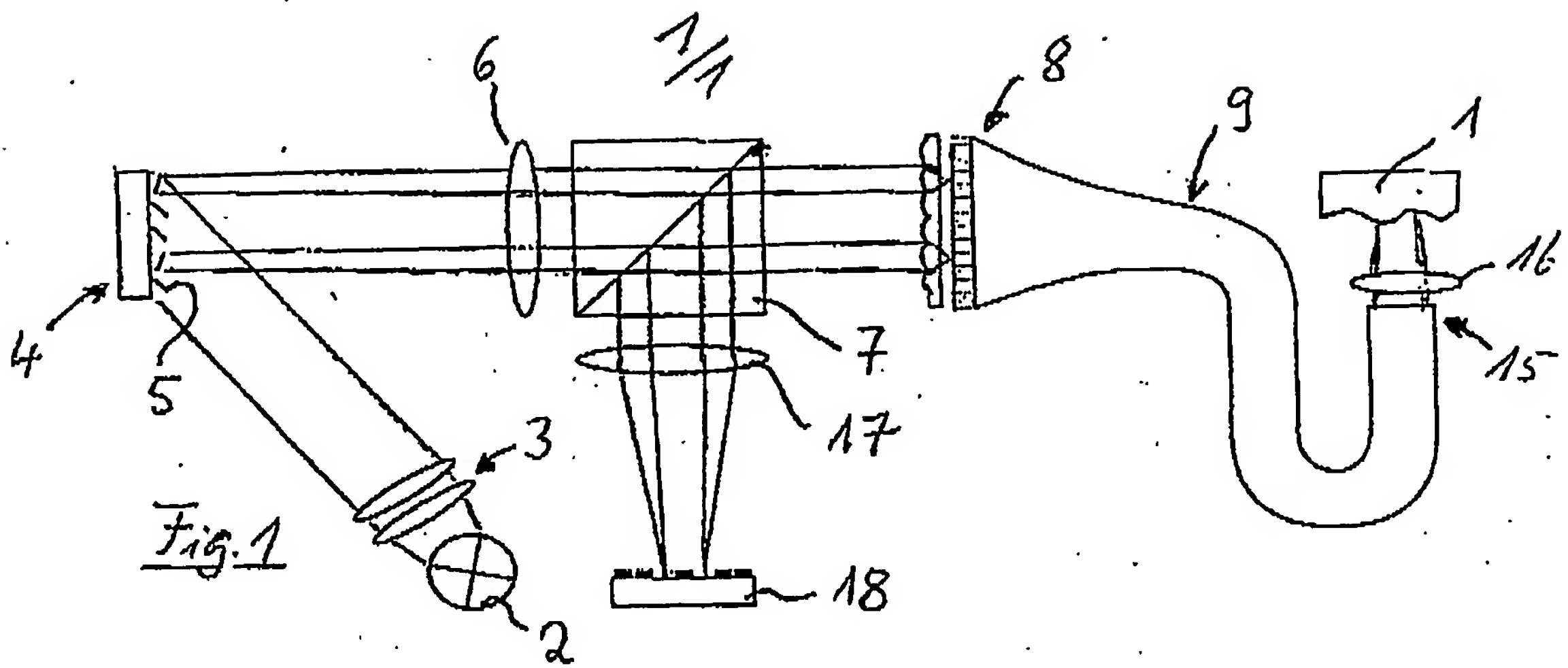


Fig. 3





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**